

А.Р. СИМОНЯН, А.Г. ГУЛЯН, Р.А. СИМОНЯН

**ИЗМЕРИТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА**

Описано устройство для измерения внутреннего сопротивления химических источников тока (ХИТ). Устройство отличается высокой точностью, малогабаритностью и малым потреблением энергии. Эти качества получены благодаря применению стопроцентной модуляции тока через нагрузку и измерению амплитуды пульсации на клеммах ХИТ. Прибор может найти применение как у разработчиков, так и у эксплуатационщиков ХИТ при установлении качества или степени пригодности ХИТ для дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: внутреннее сопротивление, электролит, заряд, разряд, синхронный фильтр–детектор.

Внутреннее сопротивление ХИТ измеряют в основном на постоянном и переменном токах [1]. Внутреннее сопротивление ХИТ, разряжающихся с незначительной поляризацией, мало зависит от величины тока и частоты. Для любого ХИТ величина внутреннего сопротивления, измеренного на переменном токе, обычно отличается от сопротивления, измеренного методом постоянного тока. Это обусловлено тем, что при протекании переменного тока через ХИТ появляются емкостная и индуктивная составляющие полного внутреннего сопротивления ХИТ [1].

В связи с этим схема измерения внутреннего сопротивления на переменном токе усложняется, кроме того, измерение связано со значительной тратой времени.

В [2] предложено устройство для измерения параметров ХИТ, в том числе и внутреннего сопротивления, в котором применена стопроцентная модуляция тока через нагрузку. Однако данная схема недостаточно удобна для эксплуатации, так как требуется дополнительная обработка выходного сигнала.

Для существенного повышения точности и облегчения эксплуатации в настоящей работе применена не только стопроцентная модуляция тока через нагрузочный резистор, но также стабилизация ее величины. Упрощенная функциональная схема устройства показана на рис.1.

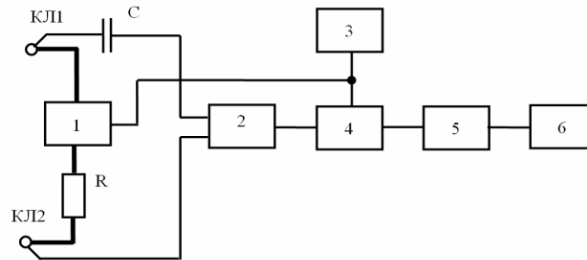


Рис. 1. Функциональная схема измерителя внутреннего сопротивления ХИТ: КЛ1, КЛ2- клеммы ХИТ, С- емкость, R - резистор нагрузки, 1 - модулируемый стабилизатор тока, 2 - дифференциальный усилитель, 3 - генератор меандра, 4 - синхронный фильтр-детектор, 5 - фильтр низких частот, 6 - цифровой вольтметр постоянного тока

Схема работает следующим образом. После включения прибора и подключения ХИТ к клеммам КЛ1 и КЛ2 через R протекает стабилизированный ток I_0 , величина которого в одном полупериоде нулевая, а в другом полупериоде - стабилизированная. Из-за наличия внутреннего сопротивления $R_{вн}$ на клеммах ХИТ при протекании тока I_0 напряжение от величины U_0 уменьшается на ΔU , при этом $\Delta U = U_0 - U_1 = R_{вн} \cdot I_0$, где U_0 - напряжение при отсутствии тока через R, а U_1 - напряжение при прохождении тока I_0 через нагрузку. Величина напряжения ΔU увеличивается дифференциальным усилителем 2, выпрямляется и фильтруется синхронным фильтром-детектором 4 и после устранения острых пиков напряжения фильтром низких частот блоком 5 (пики напряжения образуются в результате работы ключей внутри блока 4) измеряется цифровым вольтметром постоянного тока 6.

Напряжение, измеряемое вольтметром 6, определяется в виде

$$U_{\text{вых}} = \left(\frac{U_0 - U_1}{2} \right) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = \frac{R_{\text{вн}} \cdot I_0}{2} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1)$$

где K_1 - коэффициент усиления блока 2; K_2 - коэффициент передачи блока 4; K_3 - коэффициент передачи фильтра низких частот.

Все указанные блоки (3,4,5) имеют линейную характеристику, стабильные коэффициенты передачи, и при стабилизации тока через резистор R можно написать $U_{\text{вых}} = K \cdot R_{\text{вн}}$, где $K = (I_0/2) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$. Следовательно, на выходе блока 5 получается напряжение, пропорциональное внутреннему сопротивлению ХИТ.

Применение четырехпроводной проводной системы измерения исключает влияние сопротивления проводов, соединяющих клеммы КЛ1 и КЛ2 со входами измерителя а применение фазочастотного фильтрующего детектора 4 обеспечивает точность измерения при наличии шумов, наводок и дает возможность провести измерение при существенно малых значениях токов через $R_{\text{вн}}$. Кроме того, прибор также измеряет абсолютную величину напряжения на клеммах ХИТ, тем самым облегчая исследование зависимости внутреннего

сопротивления от степени заряженности (связь между клеммами КЛ1, КЛ2 ХИТ и цифровым вольтметром на рис.1 не показана).

Технические параметры разработанного измерителя следующие:

- диапазон измеряемых значений внутреннего сопротивления - $(0,1...20) \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$;
- разрешающая способность прибора - $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}$;
- время измерения - $\leq 10 \text{ с}$;
- ток через нагрузочное сопротивление - $1 \pm 0,05 \text{ А}$;
- погрешность измерения внутреннего сопротивления - $\leq 1\%$;
- напряжение измеряемых ХИТ - $10...15 \text{ В}$;
- частота модуляции тока через нагрузку - 72 Гц ;
- вес прибора $\approx 0,8 \text{ кг}$.

Для выявления возможностей разработанного прибора были проведены измерения внутреннего сопротивления на кислотных аккумуляторах, имеющих разные емкости и разные степени заряженности. На рис.2 показана зависимость $R_{\text{вн}}$ аккумуляторов от емкости (измерение проверено непосредственно после полного заряда).

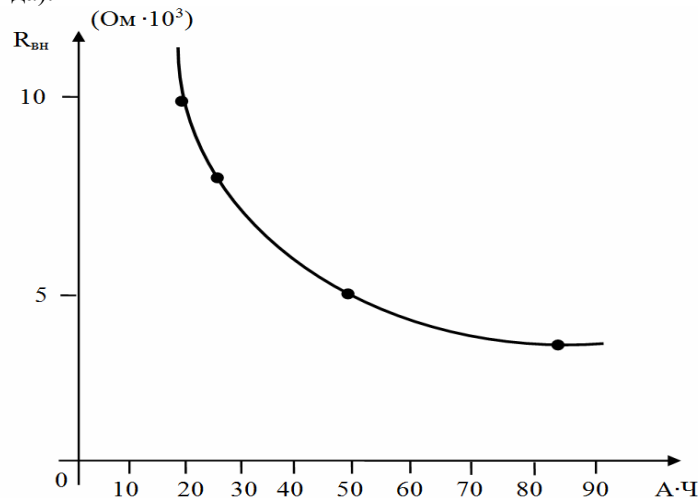


Рис. 2. Зависимость $R_{\text{вн}}$ от величины емкости ХИТ

Из графика рис.2 следует четкая зависимость внутреннего сопротивления от емкости, при этом чем больше величина емкости ХИТ, тем меньше внутреннее сопротивление.

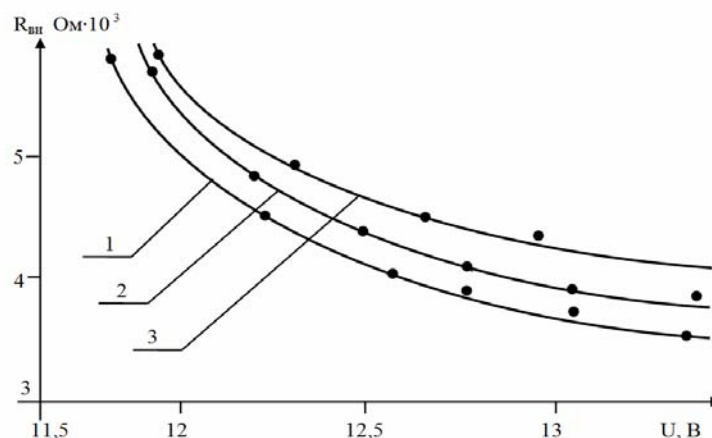


Рис. 3. Зависимость $R_{вн}$ от напряжения на клеммах ХИТ

На рис.3 показано изменение внутреннего сопротивления аккумуляторов в зависимости от напряжения на клеммах (фактически от степени заряженности). Цифрами указаны: 1 - новый аккумулятор емкостью 90 *А·час*, 2 – находящийся в эксплуатации аккумулятор емкостью 92 *А·час*, 3 – изношенный аккумулятор емкостью 90 *А·час*. Из графика видна ощутимая разность в зависимости выходного сопротивления от степени заряженности и изношенности. Чем больше отдача ХИТ, тем меньше внутреннее сопротивление (например, график 1 на рис. 3).

Таким образом, благодаря высокой точности, помехоустойчивости системы обработки сигнала, малым габаритам и малой потребляемой мощности разработанный измеритель внутреннего сопротивления ХИТ может найти применение для контроля качества вновь изготовленных аккумуляторов или же проверки изношенности работающих, а также для быстрого определения степени заряженности аккумуляторов, находящихся в эксплуатации, так как на внутреннее сопротивление ХИТ влияют качество электролита и металлических пластин, состояние поверхности этих пластин и величины активной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Романов В.В., Хашев Ю.М.** Химические источники тока.-М.: Сов. радио, 1968.-384 с.
2. **А.с. СССР. № 1597802**, кл. G01R31/28. Устройство для измерения параметров источников питания/ Р.А. Симонян, С.А. Шашикян.-07.10.1990.-Бюл. №37.

ИРФЭ НАН РА. Материал поступил в редакцию 11.07.2010.

Հ.Ռ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Ա.Գ. ԴՈՒԼՅԱՆ, Ռ.Հ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

ՀՈՍԱՆՔԻ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՆԵՐՔԻՆ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՉԱՓԻՉ

Նկարագրված է հոսանքի քիմիական աղբյուրների (ՀՔԱ) ներքին դիմադրությունը չափող սարք: Սարքը առանձնանում է բարձր ճշտությամբ, փոքր չափսերով և էլեկտրախնայողությամբ: Այս հատկանիշները ստացվել են բեռի մեջ հոսանքի 100% մոդուլացիայի և ՀՔԱ-ի կոնտակտների վրա բաբախման ամպլիտուդի չափման շնորհիվ: Սարքը կարող է կիրառություն գտնել ինչպես նախագծողների, այնպես էլ ՀՔԱ-ի շահագործողների շրջանակում՝ ՀՔԱ-ի որակի և պիտանիության որոշման և հետագա շահագործման համար:

Առանցքային բառեր. ներքին դիմադրություն, էլեկտրոլիտ, լիցքավորում, լիցքաթափում, սինխրոն գոյիչ-դետեկտոր:

H.R. SIMONYAN, A.G. GHULYAN, R.H. SIMONYAN

INTERNAL RESISTANCE MEASURER OF CHEMICAL CURRENT SOURCES

A device for measuring internal resistance of chemical current sources (CCS) is described. The device has high accuracy and low current demand. Owing to applying current unity modulation through loading and measuring ripple amplitude on CCS terminals, these properties are obtained. The device can be applied both by the developers and operators of chemical current sources to establish CCS availability quality and degree for further operation.

Keywords: internal resistance, electrolyte, charge, discharge, synchronous filter-detector.